Beiblatt zu den Botanischen Jahrbüchern.

Nr. 41.

Band XVII. Ausgegeben am 29. September 1893. Heft 3 u. 4.

Zur Geschichte der Nordeuropäischen, besonders der Norwegischen Flora.

Von

Axel Blytt.

In meinem Essay on the Immigration of the Norwegian Flora during alternating rainy and dry periods (Chria. 1876) sowie in meiner Abhandlung: die Theorie der wechselnden kontinentalen und insularen Klimate (Engler's Bot. Jahrb. II. 1881) habe ich unsere norwegische Flora in verschiedene Elemente eingeteilt. Gegen diese Einteilung hat man Einwände gemacht. Auch über die Bedeutung der in den Torfmooren so häufigen Waldschichten sind die Meinungen noch geteilt. In der letztgenannten Abhandlung habe ich das Verhältniss unserer arktischen Floren zur Grönländischen discutiert. Auch über diese Sache haben andere abweichende Meinungen ausgesprochen. Es ist meine Absicht, bei dieser Gelegenheit meine Ansichten in diesen Punkten etwas näher zu begründen.

Die wechselnden Wald- und Torfschichten in unseren Mooren.

Im Anfang der siebziger Jahre hatte ich auf botanischen Reisen längs der Westküste Norwegens von Jäderen bis zum Drontheimsfjorde hinauf Gelegenheit, eine Menge Torfstiche in den tiefer gelegenen Mooren zu sehen. Ich machte die Beobachtung, dass die Tiefe der Torfschichten und die Zahl der Torf- und Wurzelschichten in den früher meerbedeckten Gegenden mit der Höhe über dem Meere wächst. In den niedrigst gelegenen Gegenden fand ich Moore von geringer Tiefe ohne oder mit nur einer Schicht von Baumwurzeln. Etwas höher hinauf fand ich Moore mit zwei Wurzelschichten und zwei Torfschichten; und in noch größerer Höhe über dem Meere hatten die Moore zwei Wurzel- und drei Torfschichten [1]). Stubben und Eicheln von Eichen und Nüsse von Haselstauden sind häufig in diesen Mooren, und finden sich in zwei Niveaux, bzw. in den zwei

1) In den höchstgelegenen ältesten Mooren der Westküste sah ich keine Schnitte. Wahrscheinlich haben sie wie die Moore des Ostlandes vier Torfschichten mit drei damit wechselnden Wurzelschichten.

Wurzelschichten, besonders wenn diese auf dem Grunde der Moore stehen. In der ältesten der drei Torfschichten fand ich weder Eiche noch Hasel, die Kiefer geht aber bis in diese Schicht hinunter. Die große Regelmäßigkeit, womit diese wechselnden Torf- und Wurzelschichten in so vielen Mooren auftreten, ist sehr auffallend. Der typische Bau eines solchen Moores der Westküste mit zwei Torfschichten ist folgender: Oben liegt ungefähr $1\frac{1}{2}$ m mächtiges, röthliches und ziemlich unverändertes *Sphagnum*; darunter folgt eine Wurzelschicht in der Regel aus Kiefern gebildet; dann kommt ungefähr $1\frac{1}{2}$ m fetter guter Brenntorf und auf dem Grunde des Moores steht wieder eine Wurzelschicht, häufig von Eichenstubben gebildet; in dieser Schicht sind Haselnüsse oft massenhaft vorhanden. Diese Schichtenfolge kommt in so vielen verschiedenen Mooren wieder, und mit einer solchen Regelmäßigkeit, dass der Schichtenwechsel nicht aus localen Änderungen der Verhältnisse sich erklären lässt.

Nachdem ich an unserer Westküste solche Beobachtungen gemacht hatte, überkam mich die Lust, auch die Moore des östlichen Norwegens zu untersuchen. In diesem Landesteile sind die Hebungsverhältnisse des Landes während der postglacialen Zeit besser bekannt; und eine Menge von marinen Muschelbänken sind untersucht. In diesen waldreichen Gegenden giebt es aber wenige Torfstiche, und, wenn man Moore untersuchen will, muss man mit einem Torfbohrer arbeiten. Mein Bohrer ist derart eingerichtet, dass der Cylinder durch Drehung des Bohrers geöffnet werden kann, so dass aus bestimmten beliebigen Tiefen Torfproben genommen werden können. In dieser Weise kann man bei Bohrung an verschiedenen Stellen des Moores ein Profil der Schichten erhalten, das ebenso zuverlässlich ist, als ob man das ganze Moor ausgeschnitten gesehen hätte.

Es wurde im östlichen Norwegen, besonders in den Umgebungen des Christianiafjords, teils bei Besuchen von Torfstichen, hauptsächlich aber durch Bohrung 136 Moore untersucht, und es wurde festgestellt, dass die ältesten Moore aus vier Torfschichten, welche mit drei Wurzelschichten wechseln, gebaut sind, dass die Tiefe und die Zahl der Schichten in den früher vom Meere überschwemmten Gegenden mit der Höhe über dem Meere abnimmt, und endlich, dass Eiche, Hasel und andere gegen Kälte empfindliche Bäume in den zwei ältesten Torfschichten fehlen.

Wie bekannt hat J. Steenstrup durch seine Untersuchungen der dänischen Waldmoore gezeigt, wie sich die dänische Flora nach der Eiszeit entwickelte. Über einem Süßwasserthon mit Resten von arktischen Pflanzen wie *Dryas*, *Salix polaris*, *S. reticulata* etc. folgt zuerst eine Torfschicht mit einer subglacialen Flora, mit Blättern von *Betula odorata* und *Populus tremula* aber ohne Kiefernreste. Dann folgt die Kiefernperiode, und eine neue Torfschicht bildete sich. Noch waren keine gegen Kälte empfindlichen Bäume eingewandert. In diesen Schichten hat Steenstrup, wie er mir im vorigen Sommer persönlich sagte, noch keine Reste von Eichen, Haseln

u. dergl. gefunden. Dann aber kam eine neue torfbildende Zeit, die Periode der Eiche, und zwar die der Küsteneiche (*Quercus sessiliflora*). Diese Art war damals in Dänemark viel häufiger als jetzt, und das Klima war mild und feucht. Endlich bildete sich in Dänemark's Mooren die vierte und jüngste Torfschicht, welche die Periode der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) repräsentiert und wahrscheinlich mit der Buchenperiode zusammenfällt.

Auch in diesen dänischen Mooren hat STEENSTRUP Wurzelschichten gefunden.

So fand er in dem Moore Vidnesdam von unten nach oben folgende Schichten: zuerst auf dem Grunde des Ganzen die Moräne aus der Eiszeit; dann arktischen Süßwasserthon; darüber eine Schicht von Kalk. Mitten in dieser liegt eine Schicht von *Hypnum fluitans*, die auf einen seichteren Wasserstand als die unmittelbar vorhergehende und nachfolgende Schicht deutet. Über der Kalkschicht folgt ein *Sphagnum*lager, unten mit Wasserpflanzen, oben auf trocknere Zustände deutend. Diese *Sphagnum*schicht bildete sich in der Kiefernperiode. Kiefernwälder wuchsen damals in der Umgebung des Moores. Auf der Oberfläche der *Sphagnum*schicht steht aber eine Wurzelschicht von Kiefernstubben im Torfe selbst. Damals war also das Moor teilweise mit Wald bewachsen und die Torfbildung sistiert; dann wurde die Moorfläche wieder feuchter, und die Kiefernstubben wurden unter einer Torfschicht von *Hypnum cordifolium* begraben. Während sich diese Schicht bildete, war das Moor von Eichenwald (*Quercus sessiliflora*) umrandet. Auch diese Torfschicht wird oben trockener; zuletzt wurde eine *Sphagnum*schicht gebildet mit Resten von *Alnus glutinosa*, die damals auf dem Moore wuchs. Mitten in dieser Schicht finden wir Beweise dafür, dass eine ungewöhnliche Zerstörung den Erlenwald betraf, wahrscheinlich zu der Zeit, als die letzte feuchte Periode ihren Höhenpunkt erreichte.

Auch in Lillemose und den übrigen dänischen Mooren, welche diesem Moor ähneln, fand STEENSTRUP ebenso sprechende Beweise für Wechsel in den Feuchtigkeitsverhältnissen. Über der Moräne folgt eine Schicht mit Wasserpflanzen und Blättern von *Populus tremula*, dann eine Schicht von *Hypnum cordifolium* aus der Kiefernperiode. Die Schicht wird oben trockner. Es folgt ein *Sphagnum*lager aus der Eichenperiode. Die oberen Schichten dieses *Sphagnum*lagers beweisen, dass die Feuchtigkeit abnahm, so dass *Oxycoccus* und ähnliche Pflanzen sich auf dem Moore einfanden, und die *Sphagnum*schicht ist von einer Schicht von *Hypnum proliferum* überlagert. Diese xerophile Moosart ist in unseren trockenen Wäldern häufig, und die *Hypnum proliferum*-Schicht zeigt, dass das Moor damals trocken war. Dies wird zum Überfluss noch durch eine im Torfe selbst stehende Wurzelschicht bestätigt. Endlich bildete sich eine Schicht von *Sphagnum* aus der Erlenzeit. Diese Schicht deutet wieder auf Zunahme der Feuchtigkeit.

Diese dänischen Moore erzählen somit dieselbe Geschichte wie die von mir untersuchten und (im Beiblatt dieser Jahrbücher, Bd. XVI. 1891. n. 36) beschriebenen Kalktuffbildungen aus dem Gudbrandsthale. Zwischen den Perioden der Kiefer und der Eiche im Moore Vidnesdam liegt eine trockene Zeit, in welcher das Moor waldbewachsen war, und zwischen den Perioden der Eiche und der Erle haben wir in dem Lillemose eine ähnliche trockene Zeit, in welcher dieses Moor mit xerophilen Moosen und Wald bedeckt war, ganz in derselben Weise, wie im Gudbrandsthal zwischen den Perioden der Birke und der Kiefer eine trocknere Zeit ohne Tuffbildung herrschte.

Auch in Dänemark findet man Moore mit drei Wurzelschichten. Und im Vidnesdammoore haben wir dieselbe Zahl von Wechseln in der Feuchtigkeit wie in den ältesten Norwegischen Mooren. In den zwei ältesten der Steenstrup'schen Torfetagen fehlen alle empfindlicheren Bäume und ihre Flora ist hochnordisch und subalpin. Gerade in derselben Weise verhalten sich die zwei ältesten von den vier Torfschichten, die in den Mooren des südlichen Norwegens nachgewiesen sind. Wir sind deshalb in der Lage, die vier norwegischen Torfschichten, die mit Wurzelschichten wechseln, mit den vier Steenstrup'schen zu parallelisieren. Eiche und Hasel sind in Dänemark wie bei uns nur in den zwei jüngsten Torfschichten vorhanden, und in den dänischen Mooren stehen wie in Norwegen die Wurzelschichten zwischen den Torfschichten aus den vier feuchten, torfbildenden Perioden.

R. v. Fischer-Benzon hat in seiner interessanten Arbeit: Die Moore der Provinz Schleswig-Holstein (Hamburg 1891) versucht, die Schichten der schleswig-holstein'schen Moore mit den Steenstrup'schen Perioden zu vergleichen. Und er glaubt alle vier von Steenstrup nachgewiesenen Schichten in seinen Mooren gefunden zu haben. Die vier Torfetagen von Steenstrup sind alle entschieden postglacial. Die zwei älteren Perioden von Fischer-Benzon sollen aber interglacial sein. Wenn das richtig wäre, könnten sie jedenfalls nicht mit den Steenstrup'schen Perioden gleichzeitig sein. Da ich die schleswig-holsteinischen Verhältnisse aus eigener Anschauung nicht kenne, ist es vielleicht dreist von mir, eine Meinung auszusprechen; ich kann aber die Bemerkung nicht zurückhalten, dass die Beweise für das interglaciale Alter der von Fischer-Benzon beschriebenen älteren Torfschichten mir nicht überzeugend vorkommen. Wenn der Sand, welcher die älteren Torfschichten bedeckt, wirklich eine glaciale Bildung wäre, dann sollte man erwarten, arktische Pflanzen in den unmittelbar unter- und überliegenden Schichten zu finden. Denn nur in engen tiefen Gebirgsthälern (wie z. B. an der norwegischen Westküste) können Gletscher in Gegenden mit einem milderen Klima herabsteigen. Und nur unter einem arktischen Klima könnten die Gletscher das mitteleuropäische Tiefland erreichen. Aus Nathorst's schönen Untersuchungen geht außerdem zur Genüge hervor, dass die arktische Flora die erste war, die in Mitteleuropa das vom Eise befreite Land in Besitz nahm. In den von Fischer-Benzon beschrie-

benen Schichten findet sich nun keine Spur von arktischen Pflanzen. Unmittelbar an den vermeintlichen Moränensand grenzen Schichten mit Eiche und anderen südlicheren Arten; und zwischen der Einwanderung dieser Arten und der Gletscherzeit in Schleswig-Holstein müssen sehr lange Zeiträume vergangen sein. Auch hat ja später Nathorst an dem Nord-Ostseekanal erst tief unter den Torfschichten die Reste der arktischen Flora gefunden. Ich möchte deshalb die Vermutung aussprechen, dass diese von Fischer-Benzon beschriebenen Moorbildungen wenigstens größtenteils (wenn nicht alle) postglacial sind[1]. Auch bezweifle ich, dass seine zwei älteren Perioden mit den zwei älteren Steenstrup'schen gleichzeitig sind. Ich glaube sie sind aus einer späteren Zeit. Wie ich schon oben hervorgehoben habe, hat Steenstrup in den Schichten aus den Perioden der Espe und Kiefer nur subarktische oder subalpine Arten gefunden. Fischer-Benzon hat aber in den älteren seiner Torfbildungen südliche Arten, wie *Trapa natans*, und südlichere Bäume nachgewiesen, z. B. *Betula verrucosa*, *Corylus*, *Quercus*, *Acer*, *Tilia*, *Carpinus*, *Ilex*. Diese Arten sind erst in den borealen und atlantischen Zeiten nach Scandinavien gekommen. Und zu derselben Zeit, jedenfalls kaum viel früher, sind sie wohl in Schleswig-Holstein eingewandert. Überdies scheint aus den Beschreibungen der untersuchten schleswig-holsteinischen Moore hervorzugehen, dass dieselben nur auf zwei feuchte Perioden hindeuten. Ich möchte deshalb annehmen, dass die von Fischer-Benzon beschriebenen Moorbildungen (wenigstens im allgemeinen) postglacial sind und aus den borealen, atlantischen, subborealen und subatlantischen Perioden stammen, und somit nur den zwei jüngsten Steenstrup'schen Perioden entsprechen. Da ich aber, wie gesagt, nicht aus eigener Erfahrung die Verhältnisse in Schleswig-Holstein kenne, will ich diese Vermutung nur mit Reservation ausgesprochen haben. Auch die Kiefernperiode von Gunnar Andersson in Schonen wird teilweise durch südlichere Arten charakterisiert, wie *Corylus*, *Tilia*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus*, und muss, wenigstens teilweise, jünger sein als die echte Kiefernperiode Steenstrup's. Die Schichten mit diesen südlicheren Arten stammen wohl eher aus meiner borealen Zeit. Denn auch in den trockenen Perioden gab es Moore, die so nass waren, dass die Torfbildung fortwährte.

Ein trocknes Klima ist für Torfbildung ungünstig. So sagt A. v. Krassnoff über Thianschan[2]: »So findet man keine Spur von Torfmoor, und mit ihnen verbundene Gewächse, wie *Sphagnum*, *Vaccinium* u. s. w., sind bis jetzt hier nicht gefunden.« Von der Flora bei Omsk in West-Sibirien

---

1) Wenn ich ihn recht verstehe (siehe die genannte Arbeit p. 73—74), sollte diese »zweite Glacialperiode« mit der sogenannten »postglacialen Senkung« gleichzeitig gewesen sein. Aber Skandinavien hatte während dieser Senkung wahrscheinlich ein milderes Klima als in der Gegenwart (siehe unten).

2) Verh. Ges. f. Erdk. XV. Berlin 1888. p. 266.

heißt es[1]: »Aus Mangel an Torfmooren fehlen auch sämtliche Torfpflanzen.«

Je feuchter das Klima, um so mehr verbreiten sich die torfbildenden Pflanzen. Von der Verbreitung der Torfmoore in Böhmen heißt es in einem Referat[2]) über SITENSKY's neue Arbeit: »Im allgmeinen lässt sich daraus entnehmen, dass das Maximum der Torfmoore mit dem der jährlichen Niederschläge zusammenfällt.«

Dass die gegenwärtige Zeit hier in Europa eine verhältnismäßig trockene ist, geht aus zahlreichen Untersuchungen verschiedener Forscher mit Evidenz hervor. KIHLMAN[3]) sagt in seinen »Pflanzenbiologischen Studien aus Russisch Lappland« folgendes: »Das sichtliche Zurücktreten und allmähliche Absterben der Sphagna in den nordischen Torfmooren und ihre Überwucherung von Flechten und weniger Feuchtigkeit fordernden Moosen ist eine sehr allgemeine und speciell in Russisch Lappland so häufige Erscheinung, dass man ihr alltäglich auf Schritt und Tritt begegnet.« Ähnliche Beobachtungen machten HJELT und HULT im Nördlichen Österbotten[4]) und Kemi Lappmark. Auf den finnischen Bergen schwindet der Torf von den austrocknenden Gehängen, und Lichenentundren breiten sich über die verwitternden Torfreste. HULT sagt in seiner Abhandlung über »die alpinen Pflanzenformationen des nördlichsten Finnland«[5]): »Dies bezeugt, dass auch in diesen Gegenden eine trockene Periode eingetreten sei, die der Entstehung der Feuchtigkeit liebenden Pflanzengemeinden abhold ist.« In derselben Arbeit schreibt er (p. 205-206): »Auf Dovre sieht man alpine Moore in allen Übergangsstadien zwischen den *Sphagneta myrtillosa* und den xerophilsten Pflanzengemeinden. Ganz dieselben Beobachtungen hat mir DR. HENNING aus Jemtland freundlichst mitgeteilt. Freistehende Hochflächen, deren Feuchtigkeit nur von den atmosphärischen Niederschlägen herrühren kann, sind im ganzen grau von verschiedenen Flechten. Das Innere der großen Flechtentümpel birgt aber regelmäßig ein Sphagnumlager, dass von *Dicranum* und *Polytrichum* nebst Zwergsträuchern und *Eriophorum vaginatum* überzogen ist.« Von den Norwegischen Mooren werden wir unten näher berichten. SERNANDER[6]) sagt auch, dass die Jetztzeit als eine trockene zu betrachten ist, weil »unsere feuchten Pflanzenformationen überall, wo sie Gegenstand näherer Beobachtung geworden, in einem allmählichen Übergange zu immer mehr xerophilen Stadien begriffen sind«.

---

1) Bot. Centralbl. 1889. II. p. 229.

2) Bot. Centralbl. 1892. IV. n. 50. p. 378.

3) Act. Soc. F. Fl. Fenn. VI. n. 3. p. 116.

4) Veget. i Kemi Lappmark och Norra Österbotten. Hfors. 1885. p. 80—82. Mossfloran mellan Aavasaksa och Pallastunturit. Act. Soc. F. Fl. Fenn. III. n. 1. p. 67 etc.

5) Medel. Soc. F. Fl. Fenn. XIV (1887). p. 208.

6) ENGLER, Bot. Jahrb. XV. p. 25.

Steenstrup und Vaupell sind beide darüber einig, dass in Dänemark die Bildung des Torfes im großen Ganzen abgeschlossen ist[1]).

James Geikie[2]) sagt über Schottlands Klima in der Gegenwart: »An examination of the Scottish peat bogs has led me to believe that we are now living in a dry period, for the peat is wasting away generally in the country, the rate of decay far exceeding that of growth and increase.« Ja, selbst in Irland ist die jetzige Zeit für Torfbildung ungünstig. Denn Kinahan[3]) sagt: »At the present time very little peat is growing on the lowlands of East Ireland.«

Gehen wir jetzt wieder nach dem Festlande zurück, so finden wir, dass E. Krause von den norddeutschen Mooren sagt[4]): »Dieses Wachstum des Torfmooses ist in dem nordwestlichen Tieflande Deutschlands gegenwärtig im allgemeinen zum Abschluss gelangt.« Die Torfmoore des Juragebirges sind nach Charles Martins[5]) häufig mit Wald von *Pinus uliginosa* und xerophilen Arten wie *Calluna*, *Vaccinium myrtillus* und *vitis idaea* bedeckt. Ebenso die Schweizermoore[6]), die Moore in Bayern[7]), in Salzburg, wo Flechten und andere xerophile Arten, ja sogar hochstämmige gesund gewachsene Fichtenwälder auf Mooren vorkommen[8]). Über die Flora der Torfmoore im Gouvernement Kasan berichtet S. Korschinsky[9]), nachdem er einige Charakterpflanzen genannt hat: »Aus der Tannenwaldflora gesellen sich ihnen noch häufig zu: *Circaea alpina*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis idaea*, *Pyrola secunda*, *Trientalis europaea*, *Lycopodium clavatum*, *L. annotinum* u. n. a.«, alles ausgeprägt xerophile Arten, die den trockenen Wäldern angehören.

Auch die Kalktuffe deuten darauf hin, dass die Jetztzeit eine relativ trockene Periode ist, und dass in Europa die Tuffbildung in der Gegenwart von geringerer Bedeutung ist, als sie früher war[10]). Und da die Tuffbildungen gewöhnlich von Rasenerde bedeckt und die Quellen ausgetrocknet sind, kann dies kaum anders erklärt werden als dadurch, dass das Klima trockener geworden ist.

Alle diese Beobachtungen aus so vielen verschiedenen Gegenden sprechen also einstimmig dafür, dass das europäische Klima trockener ist als es früher war. Man hat zuweilen gesagt, dass diese Trockenheit nur durch

---

1) Steenstrup in Kgl. D. Vid. Selsk. Math.-natv. Afh. Kbhvn. IX. p. 23. Vaupell, De Nordsjaellandske Skovmoser Kbhvn. 1851. p. 2.

2) Prehistoric Europe. London 1881. p. 532.

3) Geology of Ireland. London 1878. p. 267.

4) Globus LXI. n. 7. p. 6.

5) Bull. Soc. Bot. Fr. 1871. p. 410—414.

6) Früh, Gegenw. Standp. d. Torfforsch. p. 66.

7) Sendtner, Vegverh. Südbayerns. p. 626.

8) Lorenz in Flora 1858. p. 233, 235.

9) Bot. Centralblatt 1889. II. p. 257.

10) Cf. A. Blytt in Engler's Jahrb. XVI. Beiblatt Nr. 36. p. 15.

Ausrottung der Wälder und durch die Kultur zu erklären ist; diese Erklärungsweise hält aber nicht Stich für die Einöden von Nordeuropa. Auch KIHLMAN's Erklärung aus dem in den lappländischen Mooren gegenwärtig vorhandenen Grundeis setzt die Wahrscheinlichkeit einer Änderung im Klima voraus, und hat für die milderen südlichen und westlichen Gegenden keine Geltung. Die Austrocknung von Mooren und Quellen ist eine so verbreitete Erscheinung, dass sie kaum anders als durch klimatische Änderung erklärt werden kann.

Wir wenden uns jetzt wieder den Norwegischen Torfmooren zu[1]). Die meisten Moore im östlichen Norwegen sind wenigstens teilweise mit Heide (*Calluna*), xerophilen Moosen, Flechten und Wald überwachsen. Viele Moore tragen auf ihrer Oberfläche kleine Mooshügel, in deren Innerem wir alte Wurzelstubben finden. Man könnte zwar meinen, die Oberfläche dieser Moore sei jetzt so trocken geworden nur aus dem Grunde, dass der Torf so hoch gewachsen ist, dass die Feuchtigkeit nicht mehr nach ihrer Oberfläche empordringen kann. Dass aber diese Ursache nicht stichhaltig ist, lässt sich daraus schließen, dass die Moore eine, zwei, zuweilen sogar drei Wurzelschichten enthalten, die mehr oder weniger tief im Torfe stehen, geschieden durch holzlosen Torf und ganz analog mit der Wurzelschicht, die sich in der trockenen Gegenwart in den Mooshügelchen auf ihrer Oberfläche bildet. Die drei Wurzelschichten in unseren ältesten Mooren zeigen, dass unsere Moore jetzt zum vierten Male mit Wald bewachsen sind, seitdem die Torfbildung anfing.

Auf diesen trockenen wald- und haidebewachsenen Mooren finden wir dicht unter der Oberfläche Schichten, die nur oder beinahe ganz aus *Sphagnum* gebildet sind, selbst an Orten, wo die *Sphagnum*arten jetzt ganz ausgestorben sind. In solchen Mooren ist die Torfbildung sistiert. Diese *Sphagnum*schicht (mein subatlantischer Torf) ist gewöhnlich 1 ½ m mächtig, enthält Flintäxte und andere Sachen aus der Steinzeit und schreibt sich aus einer Zeit her, die ein feuchtes Klima hatte. Unter diesem *Sphagnum*lager steht in sehr vielen Mooren eine Wurzelschicht, welche mit auffallender Regelmäßigkeit auftritt. Ich kenne hier im östlichen Norwegen nicht weniger als siebzig Moore, wo diese Wurzelschicht in der Tiefe von 1 ½ m nachgewiesen ist. Dieselbe Schicht habe ich auch an der Westküste in vielen Mooren in derselben Tiefe gesehen. Und ich bin geneigt, nach dem, was ich gesehen habe, anzunehmen, dass diese subboreale Wurzelschicht, vielleicht mit Ausnahme unserer regenreichsten Gegenden, wenigstens in der Hälfte unserer Moore vorkommt.

Welche Erklärung ist nun natürlicher als die, dass diese Wurzelschicht aus einer trockenen Periode stammt, aus einer Zeit, wo die Moore,

---

1) Siehe meine früheren Abhandlungen, so mein Essay on the Immigration etc. Christiania 1876. ENGLER's Jahrb. II. Chria. Vid. Selsk. Forh. 1882. n. 6.

wie in der Gegenwart, trockener und häufig mit Wald bewachsen waren. Die große Regelmäßigkeit, womit diese Waldschicht auftritt, macht, meiner Meinung nach, jede andere Erklärung unwahrscheinlich.

In den älteren Mooren finden wir außerdem sehr häufig zwei noch ältere Wurzelschichten. Die eine steht in vielen Mooren ungefähr 3, die andere 4—5 m tief. Somit sind unsere ältesten Moore aus vier Torfschichten gebildet. Zwischen diesen finden wir häufig drei Wurzelschichten. Es haben also, seitdem der Torf zu wachsen anfing, 4 klimatische Wechsel stattgefunden.

Nach der Eiszeit fand bei uns eine Hebung des Landes statt.

In den Gegenden, welche einst unter dem Meeresspiegel lagen, steigt die Tiefe des Torfes, wenn man von der Küste landeinwärts geht. Die Torfbildung hatte längst angefangen, ehe das Land auf sein gegenwärtiges Niveau gestiegen war. Daher kommen ältere Torfschichten und Wurzelschichten unter den jüngeren hinzu, wenn man vom Meeresstrande in die Höhe steigt. Untersucht man eine größere Menge von Mooren, so kann man also bestimmen, unter welchen Niveauverhältnissen zwischen Land und Meer die verschiedenen Torf- und Waldschichten sich bildeten.

Solche Untersuchungen habe ich im östlichen Norwegen in den Umgebungen des Christianiafjordes angestellt. Sie wurden in Christ. Vid. Selsk. Forh. 1882. n. 6 publiciert. In diesen Gegenden hat sich das Land seit der Eiszeit ungefähr 200 m gehoben. Ich fand bei Untersuchung von 136 Mooren, dass die wechselnden Schichten der Moore unter gewissen Abschnitten der Hebung sich bildeten. Mit anderen Worten: die Torf- und Wurzelschichten gehören bestimmten geologischen Niveaux an; und diese geologischen Niveaux können in Procenten der Hebung ausgedrückt werden. Es ist damit also bewiesen, dass die Schichten in den verschiedenen Mooren gleichaltrig sind, dass z. B. die drei Wurzelschichten in den verschiedenen Mooren aus drei verschiedenen trockenen Zeiten herrühren, während welcher das Land verschiedene Niveaux einnahm, und während welcher g l e i c h z e i t i g eine Menge Moore ausgetrocknet waren. In anderen Zeiten, den feuchten, waren die Moore nass und die Torfschichten in Zuwachs begriffen.

In meiner eben genannten Arbeit über die Moore des südöstlichen Norwegens, wo die Specialuntersuchungen mitgeteilt sind, habe ich eine Übersichtstabelle der untersuchten Moore mitgeteilt, aus welcher hervorgeht, dass die wechselnden Schichten unter bestimmten Phasen der Hebung des Landes sich bildeten. Natürlich kann man auch in größeren Höhen flache Moorbildungen finden. Erstens sind gewiss in den trockenen Perioden viele Torflager durch Brand und Verwitterung zerstört worden, zweitens können (und besonders im feuchten Klima) lokale Änderungen Moorbildung veranlassen an Orten, wo früher keine solche stattfand. Und es giebt auch Moore, wo eine oder mehrere von den Wurzelschichten fehlen, weil die

Moore zu nass gewesen sind. Die trockenen Zeiten waren nicht so trocken, dass alle Moore ausgetrocknet und waldbewachsen waren. Es giebt z. B. Moore, wo der Wechsel in den Feuchtigkeitsverhältnissen nur darin Ausdruck findet, dass z. B. Schichten von *Eriophorum vaginatum* in mehrfachem Wechsel mit *Sphagnum*schichten vorkommen. Auch solche Moore sprechen für die Theorie von den wechselnden Klimaten.

Es giebt unter den im südöstlichen Norwegen untersuchten Mooren kein einziges, dass gegen diese Theorie spricht. Und aus der Tabelle geht, wie ich glaube, mit Evidenz hervor, dass die wechselnden Moor- und Waldschichten bestimmte geologische Zeiten bezeichnen und dass sie nur aus allgemeinen klimatischen Änderungen sich erklären lassen.

Um das Verständnis zu erleichtern, teile ich hier das schematische Profil unserer Torfmoore mit, wie sich dasselbe aus einer Vergleichung der norwegischen und südskandinavischen, besonders der dänischen, ergiebt.

Über den Moränen aus der letzten Eiszeit, die auf ein feuchtes Klima deuten, liegt zuerst

der arktische Dryaslehm mit Resten von *Dryas*, *Salix polaris*, *S. reticulata*, *Betula nana* und anderen arktischen Pflanzen. Die arktische Flora liebt ein kontinentales strenges Klima.

Dann folgt der Torf, und zwar zuerst

subglacialer Torf mit *Betula odorata*, *Populus tremula*, *Salices* u. s. w. Die Moore waren nass und das Klima feucht.

Es folgte eine trocknere Periode, die subarktische. Viele Moore trockneten aus und wurden mit Wald bewachsen. Die Kiefer wanderte ein.

Das Klima wurde wieder feucht und eine neue Torfschicht bildete sich, die infraboreale. Die Flora hatte selbst in Dänemark noch einen echt nordischen Charakter. Der herrschende Waldbaum war in Dänemark die Kiefer. Noch waren keine für Kälte empfindlicheren Bäume eingewandert.

Das Klima wurde abermals trockner. Wieder bildete sich auf vielen mit Wald bewachsenen Mooren eine Wurzelschicht, die boreale. In dieser Schicht finden sich die ersten Zeugnisse für ein mildes Klima. Das Klima war wahrscheinlich noch wärmer als in unseren Tagen. *Corylus avellana* war häufiger als jetzt, ebenso die Eiche. Aus dieser Zeit haben wir auch Reste von *Fraxinus excelsior*, wahrscheinlich auch von *Prunus avium*.

Dann folgte eine feuchte und milde Zeit, die atlantische. Die Wintereiche (*Quercus sessiliflora*) war damals in Dänemark und Bohuslen viel häufiger als jetzt.

Wieder trockneten viele Moore aus. Die subboreale Wurzelschicht bildete sich. Auch damals waren Eiche und Haselstrauch, wie in der borealen Zeit, viel mehr verbreitet als in der Gegenwart.

Die Moore wurden wieder feuchter, und es bildete sich die jüngste Torfschicht, die subatlantische.

Jetzt sind die Moore wieder trockner, und eine Wurzelschicht, die recente bildet sich auf vielen Mooren.

Da ich schon früher in diesen Jahrbüchern[1]) die Resultate meiner Untersuchungen mitgeteilt habe, will ich hier nur kurz folgendes wiederholen:

Die subatlantische Torfschicht bildete sich während des letzten Teiles der Hebung.

Die subboreale Wurzelschicht, als das Land am Christianiafjorde 10-15 m tiefer lag als jetzt.

Die atlantische Torfschicht, als das Land 15-47 m tiefer lag.

Die boreale Wurzelschicht war schon gebildet, als das Land 47 m tiefer lag.

Als sich die infraboreale und subglaciale Torfschichten und die zwischenliegende subarktische Wurzelschicht bildeten, lag das Land am Christianiafjorde wenigstens 110 m tiefer als in unserer Zeit.

Meine Untersuchungen zeigten ferner, dass die vier norwegischen Torfschichten mit den vier Steenstrup'schen Perioden äquivalent sind, dass unter anderem mein atlantischer Torf der Eichenperiode Steenstrup's entspricht. Und diese Annahme ist nun auch durch spätere Untersuchungen in Dänemark vollständig bestätigt.

Die litoralen Muschelbänke, die sich bei dem Christianiafjorde gleichzeitig mit dem atlantischen Torfe bildeten, enthalten (nach M. Sars) eine Fauna[2]), die von einem milderen Klima als unser jetziges zeugt, indem damals mehrere Mollusken im Christianiafjord lebten, die hier nicht mehr lebend zu finden sind, sondern nur in den wärmeren südlicheren und westlichen Meeren leben. Sars nennt verschiedene Arten von *Tapes*, *Pholas* u. s. w.

Ähnliche Muschelbänke, die auf ein milderes Klima deuten, und die teilweise dieselben Arten enthalten, sind auch im südlichen Skandinavien und in Dänemark nachgewiesen. Die von C. G. Joh. Petersen[3]) aus Dänemark beschriebenen »*Tapes*schichten« sind nach ihm höchst wahrscheinlich gleichzeitig mit den oben genannten von M. Sars beschriebenen norwegischen Muschelbänken. Nach K. Rördam[4]) sind diese dänischen *Tapes*schichten gleichzeitig mit der Eichenperiode Steenstrup's. Mein atlantischer Torf, Steenstrup's Eichenperiode, die *Tapes*- und *Pholas*schichten von M. Sars (seine sogenannten postglacialen Muschelbänke) und die *Tapes*schichten von C. G. Joh. Petersen stammen also alle aus derselben Zeit, meiner atlantischen Periode.

---

1) Engler's Bot. Jahrb. II (1881). pp. 16ff.

2) Cfr. Engler's Bot. Jahrb. II. p. 23.

3) Om de skalbaerende Molluskers Udbredningsforhold i de danske Have indenfor Skagen. Kbhvn. 1888, besonders p. 61—62.

4) Saltvandsallnviet i det nordöstlige Sjaelland (Danmarks geol. Unders. n. 2). Kbhvn. 1892. p. 120.

Es wurde aber schon von FORCHHAMMER bewiesen, dass die Hebung im nördlichen Dänemark in der späteren Postglacialzeit von einer Senkung mit nachfolgender erneuter Hebung unterbrochen wurde. Diese Senkung ist auch in Südschweden nachgewiesen. G. DE GEER[1]) nennt sie die postglaciale Senkung, und er nimmt an, dass sie die ganze skandinavische Halbinsel betroffen hat. Für Norwegen ist dies zwar noch nicht bewiesen, aber es scheint mir wahrscheinlich, dass die Annahme DE GEER's richtig ist. Die dänischen *Tapes*schichten und die Eichenperide STEENSTRUP's sind nach PETERSEN und RÖRDAM gleichzeitig mit dem Maximum dieser postglacialen Senkung. Somit sind auch M. SARS's *Tapes*- und *Pholas*schichten sowie mein atlantischer Torf aus derselben Zeit. Die boreale Wurzelschicht wurde am Christianiafjorde nicht in Mooren gefunden, die tiefer liegen als 47 m ü. d. M. Hat nun wirklich auch in diesen Gegenden eine erneute Senkung stattgefunden, was noch zu untersuchen ist, dann ist es sehr wohl möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass die boreale Wurzelschicht auch in Gegenden zu finden ist, die tiefer als 47 m ü. d. M. liegen, aber bedeckt von marinen Sand- und Thonschichten, die man mit dem schwachen Torfbohrer nicht zu durchdringen vermag. Und aus dem was man jetzt über unsere Moore weiß, darf man dann nur schließen, dass die boreale Zeit schon verstrichen war, als das Meer während der postglacialen Senkung seinen höchsten Stand erreichte. Wie hoch die Christianiagegend lag, als die boreale Flora einwanderte, kann man aber nicht sagen. Es wäre sogar möglich, dass das Land damals höher lag als heute. DE GEER meint, dass Skandinavien damals wenigsens teilweise 25-30 m höher lag als jetzt. Und er deutet die Möglichkeit an, dass in Südskandinavien und in Ostschweden, sogar so weit nördlich wie die Ålandsinseln und Quarken, Inselreihen und mehr oder weniger zusammenhängende Landbrücken vorhanden waren, die natürlich für die schrittweise Einwanderung der borealen Flora, die aus dem Süden und Osten zu uns kam, nur günstig sein konnten.

Aus den jetzt bekannten Thatsachen dürfen wir also folgendes schließen:

Der subglaciale Torf, die subarktische Wurzelschicht und der infraboreale Torf sind viel älter als die postglaciale Senkung.

Die boreale Wurzelschicht ist älter als das Maximum dieser Senkung.

Der atlantische Torf ist gleichzeitig mit dieser Senkung und mit dem ersten Teil der nachfolgenden Hebung.

Die subboreale Wurzelschicht bildete sich später, als das postglaciale Meer sich schon weit zurückgezogen hatte.

Der subatlantische Torf stammt aus der allerletzten Zeit der postglacialen Hebung.

---

1) Om Skandinaviens nivåförändringar under Quartaerperioden. (Geol. För. Förh. Stockh. X und XI. 1890.)

R. Sernander hat in verschiedenen Teilen Schwedens eine Menge Moore untersucht, und er ist zu demselben Resultate gekommen wie ich[1]. Die ältesten schwedischen Moore haben vier Torf- und drei Wurzelschichten wie die norwegischen, und alle diese Moore haben eine solche Höhe über dem Meere, dass Spuren von allen Perioden nach der arktischen in denselben müssen nachgewiesen werden können. Er hat auch gefunden, dass die Tiefe der Torflager in den früher meerbedeckten Gegenden mit der Meereshöhe abnimmt, und dass das Maximum der postglacialen Senkung in die Zeit nach dem Beginn der atlantischen Periode gehört, in welche wenigstens die Hälfte der postglacialen Hebung fällt. Somit stimmen seine Beobachtungen mit den meinigen völlig überein.

Dass die boreale Wurzelschicht älter, die subboreale jünger als das Maximum der postglacialen Senkung ist, geht auch aus den dänischen Untersuchungen hervor. Wir haben oben gesehen, dass die eben genannte Senkung mit der Eichenperiode Steenstrup's zusammenfällt. Die boreale Wurzelschicht mit Eiche, Hasel u. dergl. findet man von marinen Bildungen überlagert, teilweise noch unter dem jetzigen Meeresniveau[2]. Die großen Wildmoore im nördlichen Jütland liegen beinahe im Niveau des Meeres. Sie enthalten nach Steenstrup[3] nur eine Torfetage, meine subatlantische. Ihre Oberfläche ist teilweise mit Wald bedeckt. Der Torf ist aus einem 1—2 m dicken *Sphagnum*lager gebildet, welches Überreste eines an Ort und Stelle gewachsenen Birken- und Eichenwaldes bedeckt. Der Untergrund ist alter Meeresboden mit postglacialen Muscheln von denselben Arten, die noch heute in Kattegat leben.

Die Moore in den tiefer gelegenen Gegenden Irlands sind ganz von demselben Bau wie unsere Tieflandsmoore. Die Beschreibung der typischen irländischen Tieflandsmoore, die Kinahan giebt, passt in jeder Beziehung auf die Moore in den tiefer gelegenen südlichen Teilen Norwegens. Man sollte glauben, dass die Beschreibung nach den norwegischen Mooren gemacht wäre. Am Grunde des Moores steht eine Wurzelschicht, gewöhnlich Eichen, dann folgt eine Torfetage, dann wieder eine Wurzelschicht, gewöhnlich Kiefern, endlich oben noch eine *Sphagnum*etage. Kinahan sagt[4]: »It is probable that since the glacial Period there have been at least two ages of the most active growth of peat, first, after the great oak forest age; and second, subsequent to the deal forest period. That a considerable time elapsed between them on the lowlands is evident. There may indeed have been a third period, while the now submarine bogs were growing, but it seems more probable, that the submarine bogs were growing at the same time as the lower strata of the subaërial bogs.« Mit anderen Worten, es ist nach

1) Cfr. Engler's Jahrb. XV. p. 60—63, 67.

2) Cfr. Forchhammer, Nord. Univ. Tidsskr. 1851. Rördam l. c.

3) Kgl. d. Vid. Selsk. Math.-natv. Afh. IX. p. 100 ff.

4) Geology of Ireland 1878. p. 272.

Kinahan die wahrscheinlichste Annahme, dass in Irland die boreale Wurzelschicht (»the oak forest«) älter und die subboreale (»the deal forest«) jünger als die postglaciale Senkung ist, ganz wie in Norwegen, Schweden und Dänemark.

In Schottland bildete sich während der postglacialen Senkung der sogenannte Carselehm. Es ist dies eine marine Bildung mit postglacialen Fossilen. Sie ruht auf einem Torflager, welches wieder die Reste eines an Ort und Stelle gewachsenen Eichen- und Haselwaldes bedeckt. Und über dem Carselehm stehen wieder die Überreste eines Waldes, die von einer jüngeren Torfetage bedeckt sind, z. B. bei Kincardine[1]). Die schottischen Verhältnisse stimmen also ganz mit den irländischen und skandinavischen überein.

Und ähnlich sind auch die Verhältnisse in England. J. Geikie teilt folgendes typische Profil von den jüngeren postglacialen Bildungen dieses Landes mit[2]):

1. »Lower Buried Forest: greater extent of land than now; climate genial«. In dieser Waldschicht, die auf den Wurzeln steht und meiner borealen Schicht entspricht, finden sich nach Geikie sowohl Eiche wie Hasel.

2. »Lower Peat: conditions unfavourable to forest growth; climate probably more humid than that of Nr. 1.« Entspricht meinem atlantischen Torfe.

3. »Marine deposits: submergence of land to a depth of 25—60 feet below its present level.« Die postglaciale Senkung.

4. »Upper Buried Forest: reemergence of land; great forest growth; climate genial.« Diese Waldschicht ist meine subboreale und ist auch an Ort und Stelle gewachsen.

5. »Upper Peat: conditions unfavourable to forest growth, like that of 2.« Entspricht meinem subatlantischen Torfe.

Die Gegenwart ist in Britannien (nach J. Geikie) wieder eine trockene Zeit.

Solche Profile sind in England an verschiedenen Stellen gefunden, und J. Geikie bemerkt sehr richtig:

»Since the postglacial and recent deposits of these separate districts agree so closely, the conviction is forced upon us that such close parallelism cannot be the result of mere local circumstances, but must be due to the prevalence of similar conditions over a wide region.«

Die britischen Verhältnisse stimmen folglich genau mit meinen Untersuchungen der norwegischen Moore überein. In diesen tiefer liegenden Gegenden von Irland, Schottland und England haben die Moore nur atlantischen und subatlantischen Torf; die boreale Wurzelschicht ist älter, die

1) J. Geikie, Prehistoric Europe. London 1881. p. 381ff, 422.

2) J. Geikie l. c. p. 451—453.

subboreale jünger als das Maximum der postglacialen Senkung. Für den späteren Teil der Postglacialzeit, nach der Einwanderung von Eichen und Haseln, nehmen Geikie und Kinahan zwei Klimawechsel, zwei Perioden mit »genial« und zwei mit »humid climate« an[1]). Und alle diese Beobachtungen aus verschiedenen Ländern beweisen, wie ich meine, zur Genüge, dass die wechselnden Torf- und Waldschichten geologische Horizonte sind, und in diesem Falle können sie allein in allgemeinen klimatischen Perioden ihren Grund haben.

Moore mit drei Wurzelschichten und vier Torfschichten sind bekannt aus vielen Teilen des südöstlichen Norwegens, aus dem mittleren und südlichen Schweden (Södermanland, Småland, Dalsland), aus Dänemark, Schlesien, England, Schottland, wahrscheinlich auch im Juragebirge[2]). Neuerdings schreibt mir Klinge, dass auch in Estland ein Moor mit drei Wurzelschichten gefunden sei. Dieselbe Zahl von wechselnden Perioden in der postglacialen Zeit spürt man auch auf Gottland in wechselnden Wiesenkalk- und Wurzelschichten[3]), ebenso in den 4 mit Erdschichten wechselnden Tuffschichten bei Nancy[4]).

Die wechselnden Perioden sind aber, wie ich noch einmal betonen will, nicht so scharf ausgeprägt, dass alle Moore ausgetrocknet waren, und es giebt deshalb, besonders in regenreichen Gegenden, nicht wenige Moore, wo die Wurzelschichten fehlen. Solche Moore sprechen aber nicht gegen meine Theorie vom Klimawechsel.

Die älteren Torf- und Wurzelschichten fehlen in Gegenden, die nach der Eiszeit vom Meere überflutet waren; sie müssen aber auch in solchen Gegenden fehlen, wie in Gebirgsthälern, wo die Gletscher sich lange erhielten. Aber auch das strenge Kontinentalklima ist für Torfbildung ungünstig. Klinge sagt, dass Torfmoore im inneren Russland fehlen. Und Kihlman[5]) zeigt, wie auf der Kolahalbinsel in der Gegenwart der Torf nicht allein nicht in bemerklichen Zuwachs begriffen ist, sondern dass sogar der schon gebildete Torf durch Frost und Verwitterung vernichtet wird. In dieser Verbindung ist es nun interessant zu wissen, dass es auch bei uns gewisse Gegenden giebt, wo die Moore weniger Wechsel zeigen, als man erwarten sollte.

In den letzten Jahren hat Adolv Dal eine Menge von Mooren in Öster-

---

1) Auch in England und Schottland giebt es Moore mit drei Wurzelschichten und vier Torfschichten (cfr. Geikie l. c. p. 420—423, 456 etc.), aber solche Moore kann man nicht im Tieflande, sondern nur in höher gelegenen Gegenden zu finden erwarten.

2) Cfr. meine Abhandlung von den Kalktuffen, Engl. Jahrb. XVI. Beiblatt n. 36. p. 16, wo Literaturnachweise zu finden sind.

3) Sernander in Engler's Jahrb. XV. p. 60.

4) Fliche, Note sur les tufs et tourbes de Lasnez. (Bull. Soc. Sc. Nancy 1889.)

5) l. c.

dalen, dem Thale des Flusses Glommen im inneren östlichen Norwegen, untersucht. Diese Gegend war in der Postglacialzeit nie vom Meere überflutet. Die untersuchten Moore sind fast alle regelmäßig von demselben Bau: zwei Torfschichten und zwei Wurzelschichten. In beiden Torfschichten selbst auf dem Grunde der Moore fand er Reste von *Pinus silvestris*. Nun zeigen meine Untersuchungen der Kalktuffe im Nachbarthale, Gudbrandsdalen, dass es in diesen Thälern noch vor der Einwanderung der Kiefer eine feuchte Periode gab, in welcher der Birkentuff sich bildete[1]). Aus dieser feuchten Periode giebt es aber in Österdalen nicht viel Torf. Wahrscheinlich war das Klima damals zu kalt.

Die Moore unserer Hochgebirge, wenigstens die des Dovrefjelds, sind nach den vorhandenen Untersuchungen sehr flach, und Dal fand keine von bedeutender Tiefe.

Man hat auch begonnen, die Moore Finnlands zu untersuchen. Jeja Roos[2]) hat im mittleren Finnland viele Moore untersucht. Seine Untersuchungen zeigen, dass auch in Finnland die Tiefe und Zahl der Schichten in den früher vom Meere überfluteten Gegenden mit der Höhe über dem Meere steigt. Er fand, dass die Moore in einer Höhe von 40—45 m ü. d. M. regelmäßig aus zwei Torfschichten und zwei Wurzelschichten gebildet waren. Die eine Wurzelschicht steht am Grunde der Moore. In den höher gelegenen, nie vom Meere überschwemmten Gegenden fand er aber auch nur dieselben zwei Wurzelschichten und nicht die dritte. Also ganz wie es Dal in Österdalen fand. Da die Fichte (*Picea Abies*) am Grunde dieser finnischen Moore vorkommt, ist es einleuchtend, dass diese zwei Torfschichten in Finnland nicht die ganze Postglacialzeit repräsentieren, denn die Fichte kann unmöglich sogleich, nachdem die Gletscher sich zurückzogen, eingewandert sein. Es müssen lange Zeiträume verflossen sein zwischen dem Schwinden des Inlandeises und der Einwanderung der Fichte. Sie kam wahrscheinlich erst, nachdem das Klima sich bedeutend verbessert hatte. Die zwei Torfschichten in den finnischen Mooren sind in den zwei letzten feuchten Perioden gebildet. Es sind meine atlantische und subatlantische Schicht. Und die Wurzelschichten sind meine subboreale und boreale. Sowohl Österdalen als die betreffenden Teile des Finnlands haben ein ausgeprägtes Kontinentalklima. Die Januarisothermen ÷ 8—10° C. laufen quer über Österdalen nach NE., biegen östlich über den bottnischen Meerbusen und dann südöstlich durch dieselben Gegenden, wo Roos seine Mooruntersuchungen machte. In der subarktischen Zeit, wo noch eine nordsibirische Flora in Skandinavien herrschte, war das Klima viel strenger als jetzt. Die Isothermen liefen damals viel südlicher. Und ebenso wie in der Gegenwart auf der Kolahalbinsel die vorhandenen Torfschichten durch

1) Engl. Jahrb. XVI. Beibl. 36. p. 25.

2) Geogr. Fören. Tidsskr. Hfors II (1890). p. 268.

Frost und Trockenheit verwittern, so war in den früheren Perioden auch in Österdalen und Finnland das Klima für Torfbildung ungünstig und in den trockenen Perioden muss der vorhandene Torf größtenteils vernichtet worden sein. Es ist also leicht zu verstehen, warum ältere Schichten als boreale in diesen kontinentalen Gegenden so selten sind und größtenteils ganz fehlen.

II. Die vier zuletzt eingewanderten Elemente unserer Flora.

Unter solchen wechselnden Perioden ist nun, meiner Meinung nach, unsere Flora eingewandert. Die großen Sprünge in der Verbreitung sowohl der kontinentalen als der insularen Florenlemente, und das kolonienähnliche Auftreten dieser Elemente, das auf der pflanzengeographischen Karte[1]) deutlich hervortritt, finden durch die Theorie von den wechselnden Klimaten ihre naturgemäße Erklärung.

Andere haben gemeint, die sprungweise Verbreitung durch die Annahme nur eines Klimawechsels erklären zu können. Ich werde nun zeigen, dass man nicht mit einem Wechsel auskommen kann, dass man nur in wiederholten klimatischen Umschlägen eine befriedigende Erklärung findet.

Wir wollen zuerst die Verbreitung der Pflanzen bei Christiania ins Auge fassen. In dieser Gegend haben wir zwei deutlich unterschiedene xerophile und kontinentale Reliktenfloren. Auf den silurischen Inseln und Halbinseln (z. B. auf Ulvöen, Hovedöen, Nesöen, Ostöen, Bröndöen), die sich nicht höher als 50 m über das Meeer erheben, finden wir die artenreichste Flora in ganz Norwegen. Und eine ähnliche, reiche Flora finden wir auch etwas südlicher in den ebenso tiefliegenden silurischen Gegenden bei Holmestrand und am Skiensfjord.

Diese Flora auf der Silurformation in den niedrigsten Gegenden ist nur ein Teil des subborealen Florenelementes. Zu diesem Elemente gehören ungefähr 80-90 Arten, die ebenso wie die Arten der anderen Florenelemente in meiner Abhandlung (Engler's Jahrb. II. p. 178 ff.) verzeichnet sind. Es ist bei uns den südöstlichen tiefsten Gegenden eigentümlich und zählt viele Arten mit einer sprungweisen Verbreitung. Sind auch nicht alle diese Arten ausschließlich in den tiefer als 50 m ü. d. M. gelegenen Gegenden zu Hause, so hat doch in diesen die Artengruppe bei uns ihr Centrum, und viele subboreale Arten sind nicht höher als 50 m ü. d. M. zu finden.

Um nur ein paar Beispiele aus der Flora der Silurformation zu nennen, so wächst *Trifolium montanum* in Norwegen nur auf Hovedöen bei Christania, wo es in Menge vorkommt. Die höchsten Punkte der Insel überschreiten nicht 50 m ü. d. M. *Trifolium montanum* wird erst tief in Schweden hinein wiedergefunden, in Holland, im östlichen Småland, Vestergötland u. s. w.,

---

1) Siehe die Karte in Engler's Jahrb. II.

fehlt aber ganz in den an Norwegen grenzenden Provinzen. Die Samen des *Trifolium* sind schwerlich von jenen fernliegenden Orten direct nach Hovedöen gelangt. Die Pflanze ist auf Hovedöen mit einem Schmarotzerpilze behaftet, dem *Uromyces minor*, welcher ausschließlich an diese Wirthpflanze gebunden ist. Dieser Umstand macht es noch mehr unwahrscheinlich, dass die Pflanze nach Hovedöen durch einen zufälligen Samentransport aus der Ferne gelangte.

Auf Ulvöen bei Christiania ist der einzige bekannte norwegische Fundort für *Cirsium acaule*. Und *Ononis campestris* ist bei uns nur auf Ulvöen und bei Langesund gefunden worden. Von diesen beiden Pflanzen gilt im wesentlichen dasselbe, was oben von *Trifolium montanum* gesagt wurde. Der höchste Punkt Ulvöens überschreitet nicht 50 m, die genannten Arten wachsen dort ungefähr 15-25 m ü. d. M., und bei Langesund wächst *Ononis* kaum besonders viel höher. *Cirsium* findet sich in Bohuslen, *Ononis* wird erst in Schonen und auf Gottland wiedergefunden.

Libanotis montana ist sehr häufig auf der Silurformation in der nächsten Umgebung Christianias, wo die Pflanze in den niedrigst gelegenen Gegenden das Centrum ihrer Verbreitung hat. Sonst ist sie in Norwegen nur auf der Silurformation in den tiefsten Gegenden bei Holmestrand gefunden. Sie fehlt ganz in den an Norwegen grenzenden schwedischen Provinzen und kommt erst tief im inneren Schweden wieder vor.

Aber dies sind nur ein paar Beispiele. Die Flora der Silurformation auf jenen niedrigen Inseln bei Christiania und in den ebenso tief liegenden silurischen Gegenden bei Holmestrand und am Skiensfjord ist im ganzen genommen eine unverkennbare Reliktenflora, die westlichste Kolonie in Skandinavien von einer charakteristischen Flora, die bei uns ihre reichste Verbreitung hat auf den silurischen Inseln der Ostsee, auf Öland, Gottland und Ösel, und welche, weil sie östlichen Ursprungs ist, gegen Westen ärmer wird.

Diese Flora ist somit hier in Norwegen in Gegenden verbreitet, die tiefer als 50 m ü. d. M. liegen, das heißt in Gegenden, die während der sogenannten postglacialen Senkung (das Wort im Sinne G. de Geer's genommen) vom Meere überflutet waren; und da dieselbe Flora deutlich eine Reliktenflora ist, sind wir schon aus pflanzengeographischen Gründen genötigt anzunehmen, dass nach der Zeit, in welcher das postglaciale Meer seinen höchsten Stand hatte (bei Christiania ungefähr 50 m ü. d. M.), Wechsel im Klima eingetreten sind. Es muss eine Zeit gewesen sein, wo das subboreale Element unserer Flora eine mehr zusammenhängende Verbreitung hatte. Wir haben in unseren Torfmooren eine Waldschicht, die subboreale; sie steht ungefähr $1^1/_2$ m tief im Torfe und ist die jüngste der drei Waldschichten. Sie schreibt sich aus der Zeit, wo das postglaciale Meer im Rückzuge begriffen war und enthält an vielen Orten Eichenstubben und Haselnüsse in Menge. Die Eiche und der Haselstrauch waren zu der Zeit,

wo die Christianiagegend 10-20 m tiefer als in unseren Tagen lag, viel mehr verbreitet als jetzt, nicht blos in den jetzt mit eintönigen *Coniferen*wäldern gekleideten östlichen Landesteilen, sondern auch in den baumlosen westlichen Küstengegenden. Und zu derselben Zeit hatten natürlich auch andere xerophile Arten eine größere Verbreitung.

Aber neben dieser subborealen Flora finden wir hier im südöstlichen Norwegen, und somit auch bei Christiania, noch eine andere xerophile Reliktenflora, die boreale. Sie hat wie die subboreale Flora einen südlichen und kontinentalen Charakter. Sie zählt ungefähr 200 Arten und hat ihre Heimat im warmen Steingeröll unter steilen Felswänden und auf der Silurformation in Höhen von 100-400 m über dem Meere, und somit in Gegenden, die während der postglacialen Senkung nicht überflutet waren. In diesen Höhen fehlt die subboreale Flora beinahe ganz, und nur ein paar ihrer Arten finden sich zerstreut und sparsam. In den niedrigsten Gegenden, tiefer als 50 m ü. d. M., finden wir eine Menge Pflanzen, welche im westlichen und nördlichen Norwegen fehlen, und diese Arten spielen in der Physiognomie der Flora eine weit größere Rolle, als man nach deren Anzahl glauben sollte, wegen der großen Individuenmenge, womit sie auftreten. In den ebengenannten höheren Gegenden dagegen, wo die boreale Flora herrscht, finden wir dieselbe Flora wie in den Schutthalden an den innern Armen der Fjorde unserer Westküste. Im Schutt unter den Bergen Kolsås, Skougumsås, Bergsfjeld bei Christiania, am Holsfjord auf Ringerike u. s. w. finden wir dieselbe Flora, wie in den Schutthalden am Öifjord in Hardanger, am Lysterfjord, Sogndalsfjord und anderen Orten im inneren Sogn, am Geirangerfjord, im Eikisthal, Sundal und am Drontheimsfjorde. Ich habe viele Listen von den Pflanzen gemacht, welche in diesen Steingeröllen mit borealer Flora wachsen, und diese Listen zeigen unverkennbar, dass wir es hier mit einem scharf ausgeprägten Elemente unserer Flora zu thun haben, das in diesen fern von einander liegenden Gegenden überall dasselbe typische Gepräge behält.

Zwei Umstände sprechen nun a priori dafür, dass diese boreale Flora viel früher als die subboreale nach Norwegen einwanderte. Sie hat bei Christiania, und im östlichen Lande überhaupt, das Centrum ihrer Verbreitung in einem höheren Niveau als die subboreale, oberhalb der »postglacialen Grenze«, und während die subboreale Flora bis jetzt nur in den südlichen und östlichen niedrigst gelegenen Landesteilen sich zu verbreiten Zeit hatte, ist die boreale Flora bis hinauf nach dem Drontheimsfjorde gewandert, und viele ihrer Arten sind bis nach Nordland verbreitet, der Haselstrauch z. B., einer ihrer Charakterpflanzen, bis nach Stegen hinauf (67° 56′ n. Br.).

Wenn man meine Karte über die Verbreitung der Pflanzen in Norwegen betrachtet, sieht man, wie zerstreut die Verbreitung der borealen Flora ist. Nach den inneren Fjordgegenden der Westküste und nach dem

nördlichen Norwegen kann sie auf zwei verschiedenen Wegen gelangt sein, entweder längs der Küste in den tieferliegenden Landesteilen oder über die Gebirgspässe aus den Thälern des östlichen Landes. In beiden Fällen müssen wir voraussetzen, dass das Klima für die Wanderung borealer Pflanzen viel günstiger war, als es später wurde. Die Gebirgspässe liegen so hoch, dass es weniger wahrscheinlich erscheint, dass die boreale Flora diesen Weg einschlug. Die Hauptwanderung fand wahrscheinlich längs der Küste statt. Und in diesen öden, baumlosen Küstengegenden, wo jetzt die atlantische Flora herrscht, finden wir auch in den Torfmooren die boreale Wurzelschicht. Diese ist die mittlere der drei Waldschichten unserer Moore; sie steht gewöhnlich ungefähr 3 m tief, und bildete sich zu einer Zeit, die dem Maximum der postglacialen Senkung vorausging, und sie enthält, wie die subboreale, an vielen Orten Reste von Eiche und Hasel. In den Torfmooren Bohuslehns finden sich (und wahrscheinlich aus dieser Zeit) in Menge die Steinkerne einer borealen Art (*Prunus avium*). Die boreale Waldschicht beweist, dass es auch früher, als die postglaciale Senkung stattfand, eine Zeit gab, wo xerophile Arten in vielen Gegenden verbreitet waren, aus welchen sie später verdrängt wurden, sowohl in den eintönigen Nadelwäldern des östlichen Landes, als in den baumlosen Küstengegenden.

Um die zerstreute Verbreitung der borealen und subborealen Arten zu begreifen, können wir uns also nicht mit einem einzigen klimatischen Umschlag begnügen. Und dasselbe gilt von den atlantischen und subatlantischen Arten unserer Flora. Diese zwei hygrophilen Küstenfloren verhalten sich zu einander in derselben Weise wie die zwei oben genannten xerophilen Binnenlandsfloren. Die atlantische Flora ist bis nach dem Drontheimsfjorde hinauf verbreitet, einzelne ihrer Arten sogar bis Nordland, die subatlantische Flora hat ihre Heimat in den südlichen und am tiefsten gelegenen Küstengegenden (Smålenene, Stift Christianssand). Beide haben einen insularen Charakter und eine sprungweise Verbreitung; denn ihre Arten fehlen größtenteils am Christianiafjorde, und wir können ihre Verbreitung schwerlich allein durch e i n e milde und feuchte Periode erklären. Und schon die Verbreitung auf der Karte deutet an, in welcher Reihenfolge diese vier zuletzt eingewanderten Elemente unserer Flora zu uns kamen.

Die boreale und subboreale Floren bestehen beide aus xerophilen Arten, die zu uns aus dem Osten und Süden einwanderten. Dass wir überhaupt bei uns die beiden Elemente unterscheiden können, liegt nur in dem Umstande, dass die boreale Flora viel früher als die subboreale einwanderte. Und die atlantische Flora besteht wie die subatlantische aus westeuropäischen Arten, die zu uns aus dem Westen und Süden über Dänemark und Südschweden kamen. Wären sie nicht zu verschiedenen Zeiten gekommen, wäre kein Grund vorhanden, diese beiden Elemente auseinander zu halten.

Somit sieht man, dass, nachdem einst das Klima milde genug für die

Einwanderung von südlichen Arten geworden, zu verschiedenen Zeiten verschiedene Gruppen von Arten eingewandert sind, teils xerophile Arten, die aus dem Osten und Süden, teils hygrophile, die aus dem Westen und Süden kamen. Es war aber nicht ein einziger ununterbrochener Strom xerophiler Arten gefolgt von einem ebenso ununterbrochenen Strom hygrophiler. Die Einwanderung hat stattgefunden unter wiederholten klimatischen Umschlägen, so dass wechselweise xerophile und hygrophile Arten einwanderten. Und die wechselnden Torf- und Wurzelschichten unserer Moore erzählen ganz dieselbe Geschichte.

III. Das arktische Element der norwegischen Flora.

Die nach der Eiszeit zuerst nach Skandinavien eingewanderte Flora war die arktische. Wir finden sie aufbewahrt im Dryaslehm, und dieser Lehm liegt unmittelbar über den Grundmoränen der Eiszeit und unter allen Torfschichten. Dieser Dryaslehm wird zuweilen (z. B. in Schonen) zwischen zwei Moränen gefunden, d. h. die arktische Flora war in Schonen schon in der Interglacialzeit. NATHORST[1]) hat das Verdienst, diesen Lehm mit Resten der arktischen Flora entdeckt zu haben, und er hat neuerdings nachgewiesen, dass der Dryaslehm über ganz Mitteleuropa vorkommt, durch das ganze Gebiet, das einst von dem nordeuropäischen Binneneis bedeckt war. Die arktische Flora war also die erste, die das Land in Besitz nahm nach dem Schmelzen des Eises.

Diese arktische Flora ist in der Gegenwart nach den Gebirgen und den nördlichsten Teilen Europas zurückgedrängt. Schon in meinem »Essay on the Immigration« habe ich nachgewiesen, dass die arktische Flora auf unserer Halbinsel vorzugsweise auf gewissen Gebirgsgegenden beschränkt ist, die nördlich und nordöstlich von unseren höchsten Bergen und größten Gletschern liegen, geschützt gegen die milden und feuchten Meereswinde und gegen die milden Winter der Küste, die für arktische Pflanzen verderblich sind. Diese Kolonien arktischer Pflanzen kommen hier und da in unseren Gebirgsgegenden zerstreut vor von dem Handangervidde bis nach Ostfinmarken und dem Hochgebirge der Kolahalbinsel mit großen Zwischenräumen, wo eine später eingewanderte subglaciale und subarktische Flora herrscht. Bei uns ist diese arktische Flora in der Gegenwart nach den Gebirgsgegenden zurückgedrängt, und erst im nördlichen Skandinavien steigt sie ins Tiefland herunter. Einige, aber nicht viele, arktische Pflanzen sind Strandpflanzen und kommen nur am Meeresstrande, hauptsächlich in den nördlichsten Gegenden, vor.

---

1) cfr. NATHORST: den arktiska florans forna utbredning i länderna öster och söder om Östersjön in »Ymer« Stkhlm. 1891. p. 116 ff. und älteren Abhandlungen desselben Verfassers.

Areschoug[1]) hat Skandinaviens Flora in drei Elemente geteilt. Er unterscheidet 1) die nordsibirische, 2) die altaische und 3) die kaukasische oder die Mittelmeerflora. Die dritte Flora Areschoug's entspricht ungefähr meinen atlantischen und subatlantischen Florenelementen, die zweite Flora von Areschoug entspricht meinen borealen und subborealen Floren, und die erste, seine nordsibirische Flora, entspricht meinen arktischen, subglacialen, subarktischen und infraborealen Elementen. Unsere arktische Flora ist von den später eingewanderten Florenelementen sowohl durch ihre jetzige Verbreitung in jenen oben besprochenen kontinentalen Gebirgsgegenden, als, wie wir bald sehen werden, auch durch ihre Herkunft, streng geschieden. Sie ist eben nicht nordsibirisch, ich möchte sie lieber grönländisch nennen. Unter arktischen Pflanzen verstehe ich solche, die bei uns über der Baumgrenze ihr Centrum haben. Die meisten dieser Arten sind außerdem vorzugsweise oder ausschließlich in jenen kontinentalen Gebirgsgegenden zu finden, wo die arktische Pflanzenkolonien vorkommen. Dazu kommen nun, wie oben gesagt, einige wenige besonders im nördlichen Skandinavien vorhandene Littoralpflanzen. Die nachfolgende Liste unserer arktischen Flora ist also nur auf die Verbreitung der Arten in Skandinavien begründet.

Das arktische Florenelement in Skandinavien:

	Equisetum variegatum Schleich. G. S.[2])
	— *scirpoides* Mich. G. S.
	Woodsia glabella R. Br. G. S.
	Cystopteris fragilis Bernh. G. S.
	— *montana* Bernh. Labrador. S.
	Asplenium viride Huds. G. S.
	Selaginella spinulosa Al. Br. G. S.
	Lycopodium alpinum L. G. S.
	Phleum alpinum L. G. S.
	Hierochloa alpina R. S. G. S.
	Catabrosa algida Fr. G. S.
	Agrostis rubra Wg. G. S.
	Calamagrostis stricta Hartm. G. S.
	— *lapponica* Hartm. G. S.
W	*Aira alpina* L. G.
W	*Vahlodea atropurpurea* Fr. G.
	Trisetum subspicatum P. B. G. S.
W	*Poa laxa* Hänke. Island. Hudson Bay. Baffins Bay.
	— *stricta* Lindeb. Spitzbergen.
	— *alpina* L. G. S.
W	— **laxiuscula* (Bl.) Lge. G.
	— *glauca* Vahl. G. S.
	— *flexuosa* Wg. G. S.
	Festuca ovina L. G. S.
	Triticum violaceum Hornem. G. S.
	Elymus arenarius L. G. S.
Ö	*Carex parallela* Somf. S.
W	— *gynocrates* Wormsk. G.
W	— *scirpoidea* Mich. G.
	— *capitata* L. G. S.
W	— *nardina* Fr. G.
	— *microglochin* Wg. G. S.
	— *rupestris* All. G. S.
	— *incurva* Lightf. G. S.
E	— *Gaudiniana* Guthn.

1) Den Skandinaviska Vegetationens historia in Lunds Univ. Årsskrift 1866.

2) G = Grönland. S = Westsibirien. W = Westlich. Ö = Östlich. E = nur in Europa.

W *Carex helvola* Bl. G.
— *lagopina* Wg. G. S.
— *glareosa* Wg. G. S.
W — *festiva* Dew. G.
W — *bicolor* All. G.
W — *rufina* Dr. G.
— *alpina* Sw. G. S.
W — *holostoma* Dr. G.
— *atrata* L. G. S.
W — *rectiuscula* Bl. G.
? W — *misandra* R. Br. G. (S.?)
— *rigida* Good. G. S.
W — *hyperborea* Dr. G.
W — *pulla* Good. G.
W — *subspathacea* Wormsk. G.
— *rotundata* Wg. G. S.
— *rariflora* Sm. G. S.
— *ustulata* Wg. Labrador. S.
— *capillaris* L. G. S.
— *pedata* (L.) Wg. G. S.
Elyna spicata Schrad. G. S.
W *Kobresia caricina* Willd. G.
Eriophorum capitatum Host. G. S.
W *Juncus arcticus* Willd. G.
— *castaneus* Sm. G. S.
— *biglumis* L. G. S.
— *triglumis* L. G. S.
— *trifidus* L. G. S.
Luzula parviflora Desv. G. S.
Ö — *Wahlenbergii* Rupr. S.
— *hyperborea* R. Br. G. S.
W — *arcuata* Hook. G.
— *arctica* Bl. G. S.
— *spicata* Desv. G. S.
Tofieldia borealis Wg. G. S.
Platanthera obtusata Lindl. Labrador. S.
Peristylis viridis Lindl. Ostcanada. Island. S.
W — *albidus* Lindl. G.
E *Chamaerepes alpina* Spreng.
Sparganium hyperboreum Læst. G. S.
Betula nana L. G. S.
?Ö *Salix hastata* L. Färöer. S.
Ö — *arbuscula* L. S.
— *lanata* L. G.? Island. S. Östl. arkt. Canada.
— *myrsinites* L. G. S.
— *herbacea* L. G. S.
?Ö — *polaris* Wg. Parry und Melville Inseln. S.
— reticulata L. G. S.
Oxyria reniformis Hook. G. S.
Koenigia islandica L. G. S.
Polygonum viviparum L. G. S.
W *Plantago borealis* Lge. G.
W *Armeria sibirica* Turcz. G.
?Ö *Petasites frigida* Fr. Arktisches Amerika. S.
?Ö *Erigeron elongatum* Ledeb. Labrador? S.
— *alpinum* L. G. S.
— *uniflorum* L. G. S.
W *Gnaphalium supinum* L. G. S.
W *Antennaria alpina* Gärtn. G.
— *carpathica* Bluff. et Fing. Labrador. S.
Artemisia norvegica (Vahl) Fr. (Rocky Mts.)
Arnica alpina Læst. G. S.
Ö *Saussurea alpina* DC. (Rocky Mts). S.
Taraxacum officinale Web. G. S.
?W *Hieracium alpinum* L. G. (S.?)
Campanula rotundifolia L. G. S.
W — *uniflora* L. G.
Gentiana serrata Gunn. G. S.
W — *involucrata* Rottb. G.
W — *nivalis* L. G.
— *tenella* Rottb. G. S.
Thymus Serpyllum L. G. S.
Stenhammaria maritima Rchb. G. S.
Polemonium pulchellum Bunge. G. S.

W *Veronica saxatilis* L. fil. G.
— *alpina* L. G. S.
W *Bartsia alpina* L. G.
Pedicularis lapponica L. G. S.
— *Oederi* Vahl. Island. (S.?)
W — *flammea* L. G.
— *hirsuta* L. G. S.
Pinguicula alpina L. Labrador. S.
Ö — *villosa* L. (Nordwestl. Canada). S.
Androsace septentrionalis L. Grinnelland. S.
E *Primula scotica* Hook. Orkney Inseln. Scotland.
W — *stricta* Hornem. G.
— *sibirica* Jacq. Hudson Bay. S.
Vaccinium uliginosum L. G. S.
— *vitis idaea* L. G. S.
Oxycoccus palustris Pers. G. S.
W *Arctostaphylos uva ursi* Spreng. G.
— *alpina* Spreng. G. S.
Andromeda polifolia L. G. S.
— *tetragona* L. G. S.
— *hypnoides* L. G. S.
W *Phyllodoce caerulea* Gr. et Godr. G.
W *Azalea procumbens* L. G.
W *Rhododendron lapponicum* Wg. G.
Ledum palustre L. G. S.
Pyrola rotundifolia L. G. S.
Diapensia lapponica L. G. S.
Sedum Rhodiola DC. G. S.
W — *villosum* L. G.
E *Saxifraga Cotyledon* L. Island.
W — *Aizoon* Jacq. G.
— *stellaris* L. G. S.
— *nivalis* L. G. S.
— *hieraciifolia* L. G. S.
— *oppositifolia* L. G. S.
— *Hirculus* L. G. S.
— *aizoides* L. G. S.
— *cernua* L. G. S.
Saxifraga rivularis L. G. S.
— *caespitosa* L. G. S.
E — *adscendens* L.
Thalictrum alpinum L. G. S.
E *Pulsatilla vernalis* Mill.
W *Ranunculus glacialis* L. G.
— *lapponicus* L. G. S.
— *hyperboreus* Rottb. G. S.
— *lapponicus* Wg. G. S.
— *nivalis* L. G. S.
— *altaicus* Laxm. G. S.
W — *confervoides* Fr. G.
Papaver nudicaule L. G. S.
Arabis petrœa Lam. G. S.
W — *alpina* L. G.
Cardamine bellidifolia L. G. S.
— *pratensis* L. G. S.
Draba alpina L. G. S.
W — *crassifolia* Grah. G.
— *nivalis* Liljebl. G. S.
— *Wahlenbergii* Hartm. G. S.
— *hirta* L. G. S.
— *incana* L. G. S.
Braya alpina Sternb. et Hoppe. (Rocky Mts.)
Parnassia palustris L. Island. Canada. S.
?Ö *Viola biflora* L. Arktisches Canada. C. S.
Sagina saxatilis Wimm. G. S.
— *nivalis* Fr. G. S.
W — *caespitosa* (Vahl) Lge. G.
Alsine stricta Wg. G. S.
— *hirta* Hartm. G. S.
— *biflora* Wg. G. S.
Helianthus peploides Fr. G. S.
W *Arenaria ciliata* L. G.
Stellaria longipes Goldie. G. S.
W — *borealis* Big. G.
— *crassifolia* Ehrh. Island. Ostcanada. S.
— *humifusa* Rottb. G. S.
Cerastium alpinum L. G. S.

W *Cerastium arcticum* Lge. G.
— *trigynum* Vill. G. S.
W *Silene acaulis* L. G.
W *Viscaria alpina* Fr. G.
Wahlbergella apetala Fr. G. S.
— *affinis* Fr. G. S.
Empetrum nigrum L. G. S.
?W *Epilobium anagallidifolium* Lam. G. (S.?)
W — *lactiflorum* Hskn. G.
W — *alsinefolium* Vill. G.? Island.
W — *Hornemanni* Rchb. G.
?Ö — *dahuricum* Fisch. (Canada?) S.
W *Alchemilla alpina* L. G.
Rubus arcticus L. Labrador. Newfoundland. S.
— *Chamæmorus* L. G. S.
Dryas octopetala L. G. S.
Sibbaldia procumbens L. G. S.
Potentilla nivea L. G. S.
W — *maculata* Pourr. G.
Astragalus alpinus L. Labrador. Newfoundland. S.
Ö — *oroboides* Hornem. S. (var. *americana*, Labrador).
Ö *Phaca frigida* L. S. (var. *americana*, Canada).
E *Oxytropis lapponica* Gaud.
W *Lathyrus maritimus* Fr. G.

Man sagt gewöhnlich, dass die arktische Flora eine circumpolare Verbreitung hat. Das gilt aber nicht von allen arktischen Pflanzen. Denn es giebt viele, die mehr oder weniger selten sind, und in großen Teilen der arktischen Zone fehlen. Wir wollen nun die Verbreitung unserer arktischen Pflanzen untersuchen in den östlich und westlich von Europa gelegenen arktischen Gegenden. Wir nehmen nicht Rücksicht auf das östliche Sibirien und das westliche Nordamerika. Diese Gegenden sind so entfernt, dass sie uns nicht bei dieser Gelegenheit interessieren. Wir wollen nur die Verbreitung zwischen 90° westlich und östlich vom Meridiane von Greenwich betrachten: das westliche Sibirien sowohl die südlichen wie die nördlichen Teile bis zum Jenisseiflusse, und in Amerika Grönland, Labrador, das östliche Canada und die östlichen arktischen Inseln[1]).

Das Verzeichnis enthält im ganzen 210 Arten. Von diesen finden sich 130 sowohl in Westsibirien als im östlichen Amerika, 11 fehlen in diesen beiden Erdteilen; 173 Arten wachsen in Grönland, 186 im östlichen arktischen Amerika (Grönland einbegriffen), 147 in Westsibirien. 53 (und dazu noch 3 zweifelhafte) fehlen in Westsibirien und wachsen im östlichen Amerika, sind also westlich in ihrer Verbreitung; aber nur 12 und dazu zweifelhafte arktische Arten wachsen in Westsibirien und fehlen im östlichen Amerika.

Somit hat unsere arktische Flora einen entschieden grönländisch-

1) Als Quellen für die Verbreitung habe ich benutzt: Warming: Tabellarisk Oversigt over Grönlands, Islands og Faeröernes Flora in Vid. Med. Nath. For. Kbhvn. 1888. — John Macoun: Catalogue of Canadian Plants. Montreal 1883—1890. Durch wohlwollende Vermittelung des Herrn Prof. A. Batalin in Petersburg habe ich von Herrn Dr. R. Regel sehr genaue und wertvolle Bemerkungen über die Verbreitung im westlichen Sibirien erhalten. Ich sage hierbei den genannten Herren meinen besten Dank.

amerikanischen Charakter. 88% der Arten wachsen im östlichen Amerika und 25%, d. h. ein viertel aller Arten sind ostamerikanisch und fehlen in Westsibirien, haben also eine westliche Verbreitung; dagegen haben nur 12 Arten, d. h. wenig über 5% eine östliche Verbreitung. Unter diesen sind außerdem mehrere (*Salix hastata*, *Erigeron elongatum*, *Saussurea alpina*, *Epilobium dahuricum*) vielleicht eher als subarktisch zu betrachten; *Carex parallela* ist von *C. dioica* nur wenig verschieden und kommt vielleicht auch in Amerika vor; *Salix polaris* wächst auf den Parry- und Melville-Inseln; *Pinguicula villosa* in Nordwestcanada; *Astragalus oroboides* und *Phaca frigida* kommen beide im arktischen Amerika vor, nämlich von beiden die varietas *americana*, *Astragalus* in Labrador, *Phaca* in Canada. Es ist also zweifelhaft, ob überhaupt eine einzige Art von den zu den arktischen Kolonien gehörenden Arten östlichen Ursprunges ist[1]).

Wir haben oben gesehen, dass unsere arktische Flora, deren Verbreitung außerhalb Europa wir jetzt studiert haben, die erste war, die nach der Eiszeit das Land in Besitz nahm. Aus ihrer Verbreitung in der Jetztzeit dürfen wir, meiner Meinung nach, Schlüsse ziehen auf die Verteilung von Land und Meer während der Eiszeit. Nordwesteuropa hatte während und bald nach der Eiszeit eine amerikanisch-grönländische Flora, die von der sibirischen sehr verschieden war. Ebenso fehlen viele skandinavisch-arktische Arten in den Alpen von Mittel- und Südeuropa, und diese Berge haben sehr viele Arten, die nie nach dem Norden Europas kamen. Ich glaube, wir können daraus mit großer Wahrscheinlichkeit den Schluss ziehen, dass, wie ich schon früher in diesen Jahrbüchern ausgesprochen habe[2]), in der prä-, interglacialen oder glacialen Zeit eine Landbrücke über Schottland, Färöer und Island Nordeuropa mit Grönland verband. Dafür spricht die Ähnlichkeit unserer arktischen Flora mit der grönländischen. Dass unsere arktische Flora dagegen von der sibirischen so sehr abweicht, scheint dafür zu sprechen, dass Nordeuropa von Sibirien durch einen Meeresarm geschieden war. Nordeuropa befand sich also damals wahrscheinlich unter ganz ähnlichen geographischen Verhältnissen wie heutzutage Grönland. Die

---

1) Spitzbergen (Sp.), Nowaja-Semlia (Z.), Nordrussland (R.) und Island (I.) haben folgende nicht skandinavische Arten, welche auch in Grönland wachsen, die aber in West-Sibirien fehlen, und also auch eine westliche Verbreitung besitzen:

Potentilla pulchella R. Br. Sp.
Alsine Rossii R. Br. Sp.
Braya glabella Richds. Sp. Z.
Draba arctica J. Vahl? Sp. R.
Saxifraga flagellaris Willd. Sp. Z. R.
Pedicularis lanata (Willd.) Cham. Sp. Z. R.
Platanthera hyperborea Lindl. I.
Carex anguillata Dr. I.
Festuca brevifolia R. Br. Sp. Z.
Glyceria angustata R. Br. Sp.
— *arctica* Hook. I.
— *vaginata* Lge. Waigatschinsel.
— *Vahliana* (Liebm.) Th. Fr. Sp. Z.
Poa abbreviata R. Br. Sp.
Dupontia psilosantha Rupr.? R.
Pleuropogon Sabinei R. Br. Z. R.

2) Vergleichung der Flora Grönlands, Islands und der Färöergruppe mit derjenigen Skandinaviens in Engl. Jahrb. II (1881). p. 39.

Landbrücke von Schottland nach Grönland erlaubte keinen warmen Meeresstrom die Westküste Norwegens zu bespülen, das nordatlantische Meer war kalt wie das Meer an der Westküste Grönlands. Und kalte Strömungen aus dem Polarbassin bespülten möglicherweise die Ostküste des nordeuropäischen Landes. Welch einen mächtigen Einfluss die geographische Lage auf das Klima ausübt, geht aber aus den jetzigen Verhältnissen hervor. Liegt ja doch das kalte Labrador und die Südspitze des noch von einem Binneneise bedeckten Grönlands unter demselben Breitegrade wie Christiania und Stockholm. Solche geographische Änderungen müssen großen Einfluss ausüben auf die Verteilung der barometrischen Maxima und Minima, auf die Richtung der herrschenden Winde und Meeresströmungen, kurz auf das ganze Klima. Gegen diesen Versuch, die nordeuropäische Eiszeit zu erklären, hat man (z. B. G. de Geer) den Einwand erhoben, dass die Eiszeit ein die ganze Erde oder wenigstens alle höhere Breiten umfassendes Ereignis war. Es soll nicht geleugnet werden, dass unter dem wechselnden Spiel der Präcessions- und Erdbahnexcentricitätsperioden die vorhandenen Gletscher aller Länder wachsen und abnehmen müssen. Studiert man aber (z. B. nach Heim's Gletscherkunde) die Spuren früherer quartärer Eisbedeckungen, dann fällt auf, dass, wie Heim sagt, »in früherer Zeit große Gletscher fast nur da gewesen sind, wo auch jetzt noch Gletscher vorkommen, dass ferner an vielen Orten (Südamerika, Neuseeland, ganz Asien, Kaukasus, Pyrenäen) die frühere Vergletscherung nur als eine dem Grade nach verstärkte Ausbildung der jetzigen erscheint. Sehr bedeutend ist die Vergletscherung der Vergangenheit fast nur in Europa und Nordamerika.« In der That finden wir nur in Nordwesteuropa und in dem nordöstlichen Nordamerika[1]) Spuren großer Binneneise. Die quartäre Eiszeit war somit kein die ganze Erde umfassendes Phänomen. Nur die Gegenden, die an das nordatlantische Meer stoßen, haben, so viel wir jetzt wissen, eine eigentliche Eiszeit gehabt. Unter den wechselnden astronomischen Perioden oscillieren die Klimate und die Gletscher, aber die geographische Lage übt einen noch mächtigeren Einfluss auf das Klima eines Landes[2]).

Gegen diesen Erklärungsversuch für die Eiszeit kann man auch einwenden, dass es in der Quartärzeit wenigstens zwei, vielleicht mehrere Eizeiten gab. Wir würden dann vielleicht genötigt sein anzunehmen, dass die geographische Lage von Nordeuropa einem mehrfachen Wechsel unterlag. Wenn es wirklich erwiesen wäre, dass, sogar in Nordeuropa, in den interglacialen Perioden ein mildes oder temperiertes Klima waltete, würde

1) Das westliche Nordamerika hat keine eigentliche Eiszeit gehabt. (G. F. Wright: »The glacial movements on the Pacific coast were local in character.« The Ice Age of North America. New York 1889. p. 165, 148).

2) Trotz allem, was über die vermeintliche ehemalige Landbrücke von Schottland nach Grönland von Nathorst und Warming später geschrieben wurde, bin ich also noch derselben Meinung wie vor 12 Jahren.

die geographische Erklärung etwas an Wahrscheinlichkeit verlieren. In Skandinavien hat man aber, bis jetzt, in den interglacialen Schichten nur arktische Pflanzen und Thiere gefunden. Es ist nicht bewiesen, dass das Binneneis in der Interglacialzeit sehr weit zurückging. Nach den aus Skandinavien bekannten Thatsachen dürfen wir noch annehmen (und das glaubt auch der mit unserer Glacialformation so vertraute schwedische Forscher O. Torell), dass es bei uns keine milde Interglacialzeit gegeben hat. Wir sind noch berechtigt, die zwei sogenannten Eiszeiten als zwei Phasen einer und derselben großen Glacialperiode aufzufassen. Das große Binneneis muss sehr lange Perioden hindurch gedauert haben. Es musste unter wechselnden Präcessions- und Excentricitätsperioden zu- und abnehmen. Vielleicht liegt in solchen kosmischen Verhältnissen der Grund dafür, dass wir von zwei oder noch mehr Eiszeiten sprechen.

IV. Die subglacialen, subarktischen und infraborealen Florenelemente.

Die zwei ältesten Torfschichten und die dazwischenliegende älteste Wurzelschicht unserer Moore entsprechen den Perioden der Espe und der Kiefer von Steenstrup und enthalten, soweit wir bis jetzt wissen, nur subalpine und echt nordische Formen. Die Florenelemente, die in diesen Zeiten nach Skandinavien einwanderten, habe ich früher als die subarktische bezeichnet. Auch unter diesen Arten giebt es aber viele, die als Relikten aufgefasst werden müssen. Es ist aber nicht leicht, eine Sonderung dieser Elemente vorzunehmen, wenigstens nicht nach dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens. Und ich muss mich deshalb mit einigen Andeutungen begnügen.

Zuerst will ich folgendes bemerken. Wir haben gesehen, dass kalte Klimate für Torfbildung ungünstig sind. Es ist deshalb gar nicht sicher, dass die oben genannten wechselnden Torf- und Wurzelschichten wirklich die ganze Einwanderungsgeschichte unserer Flora enthalten. Es wäre möglich, dass die arktische und wenigstens ein Theil der subglacialen Flora in gewissen Theilen Skandinaviens schon mehrere Klimawechsel durchgelebt hatten, als sich die ältesten uns bekannten Torfschichten bildeten. In meiner Abhandlung über die Kalktuffe habe ich diese Möglichkeit angedeutet.

Die Liste europäischer, in Westsibirien fehlender, aber in Grönland wachsender Arten kann (nach Warming) noch mit folgenden nicht arktischen Arten vermehrt werden:

Blechnum spicant Roth.
Aspidium Lonchitis Sw.
Isoëtes echinospora Dur.
Lycopodium Chamaecyparissus R. Br.
Festuca duriuscula (L.) Fr.
Catabrosa aquatica P. B.
Scirpus parvulus R. S.
Carex Oederi Ehrh.
— *pilulifera* L.
— *cryptocarpa* C. A. Mey.

Zostera marina L.
Potamogeton marinus L.
Betula intermedia Thom.
Leontodon autumnale L.
Hieracium atratum Fr.
— *dovrense* Fr.
— *strictum* Fr.
Galium triflorum Mich.
Haloscias scoticum Fr.
Archangelica officinalis Hoffm.
Cornus suecica L.
Sedum annuum L.
Subularia aquatica L.
Montia fontana L.
Stellaria uliginosa Murr.
Callitriche hamulata Kütz.
— *polymorpha* Lönnr.

Die Verbreitung dieser Arten in Grönland, ihr Fehlen in Westsibirien könnten vielleicht andeuten, dass ihr Vorkommen in Europa aus einer älteren Zeit stammt als die später aus dem Osten eingewanderten Arten [1]).

Als Europa mit Sibirien zu einer zusammenhängenden Landmasse wurde, oder vielleicht nur in Folge des Schwindens des nordrussischen Binneneises, begann später auch von Osten her eine Einwanderung von nordsibirischen Arten. Die Grundmasse unserer subalpinen und echt nordischen aber nicht rein arktischen Arten ist aus dem Osten, aus Sibirien zu uns gekommen. Viele dieser Arten gehören jetzt zu unseren gewöhnlichsten. Einige sind selten. So giebt es im nördlichen Skandinavien einige bei uns hochnordische Arten, die aus Sibirien stammen. Solche sind z. B.:

Colpodium latifolium R. Br.
Eriophorum russeolum Fr.
Allium sibiricum L.
Veratrum album L. var. *Lobelianum* Bernh.
Mulgedium sibiricum Less.
Intybus multicaulis Led.
Chrysosplenium tetrandrum Th. Fr.
Thalictrum Kemense Fr.
Conioselinum Gmelini Hartm.
Cochlearia arctica Fr.
Moehringia lateriflora Koch.
Oxytropis campestris DC. var. *sordida* (W.)

und vielleicht noch einige andere. Diese Arten kommen aber nicht im Hochgebirge vor, sind sogar zum Theil Littoralpflanzen. Sie sind gewiss viel später nach Norwegen gekommen als die arktisch-alpinen Arten, mit denen sie nicht zusammengeworfen werden dürfen, einige sind sogar vielleicht sehr spät eingewandert.

Unter den wahrscheinlich früher als die boreale Periode eingewanderten Arten giebt es mehrere in Sibirien vorkommende, welche jetzt bei uns als Reliktenpflanzen mit sprungweiser Verbreitung aufzufassen sind. Solche sind z. B. unter anderen:

Asplenium crenatum Fr.
Botrychia varia.
Alopecurus nigricans Horn.
Cinna arundinacea L. *var pendula* A. Gr.
Calamagrostis chalybaea Fr.

1) Es konnte noch als eine nicht skandinavische Art hinzugefügt sein: *Streptopus amplexifolius* DC., der in den Alpen vorkommt.

Glyceria remota Fr.	*Salix triandra* L.
Carex heleonastes Ehrh.	— *myrtilloides* L.
— *tenuiflora* Wg.	*Hieracium crocatum* Fr.
— *globularis* L.	*Galium trifidum* L.
— *pediformis* C. A. Mey.	*Gentiana amarella* L.
— *laevirostris* Fr.	*Veronica longifolia* L.
Eriophorum callithrix Cham.	*Pedicularis Sceptrum Carolinum* L.
Juncus balticus W.	*Ribes nigrum* L.
Orchis cruenta Müll. et aff.	*Stellaria Frieseana* Ser.
Cypripedium Calceolus L.	*Myriophyllum spicatum* L.
Potamogeton praelongus Wulf.	

Vielleicht sind diese Arten, wenigstens einige von ihnen, die jetzt nur hie und da in unseren subalpinen Wäldern vorkommen, während der subarktischen Zeit eingewandert. Die tiefste Wurzelschicht in unseren Mooren beweist, dass es auch zwischen der arktischen und borealen Zeit eine Periode mit ausgesprochenem Kontinentalklima gab. In dieser Zeit müssen viele aus Sibirien stammende nordische Arten nach Skandinavien eingewandert sein und sie müssen unter den späteren insularen Perioden seltener geworden sein.

Auch einige südliche Alpenpflanzen, die aus den Alpen Mittel- und Südeuropas stammen, kommen bei uns als Relikten vor und sind wahrscheinlich ziemlich früh zu uns gekommen. Als solche sind zu nennen:

Phyteuma spicatum L.[1]	*Hieracium aurantiacum* L.
Campanula barbata L.	*Meum athamanticum* Jacq.
Gentiana purpurea L.	*Nigritella angustifolia* Rich.
— *Burseri* Lap.	

Diese Andeutungen zeigen, dass vielleicht auch die älteren wechselnden Perioden in der Verbreitung der älteren Florenelemente ihre Spuren hinterlassen haben. Ich bin aber noch nicht im Stande über diese älteren wechselnden Perioden näheres zu berichten, und es ist nicht möglich zu sagen, welche Arten dem subglacialen, dem subarktischen und dem infraborealen Elemente angehören. Durch das häufige Auftreten auch der ältesten Wurzelschicht sind aber meiner Meinung nach auch diese wechselnden Perioden sicher gestellt.

1) Wächst in Skandinavien nur in Thelemarken. Ich habe dort auch die *Peronospora Phyteumatis* gefunden.